



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 40 25 718 A 1

51 Int. Cl.⁵:
H02J 1/10
// H02J 3/46

21 Aktenzeichen: P 40 25 718.5
22 Anmeldetag: 14. 8. 90
43 Offenlegungstag: 27. 2. 92

DE 40 25 718 A 1

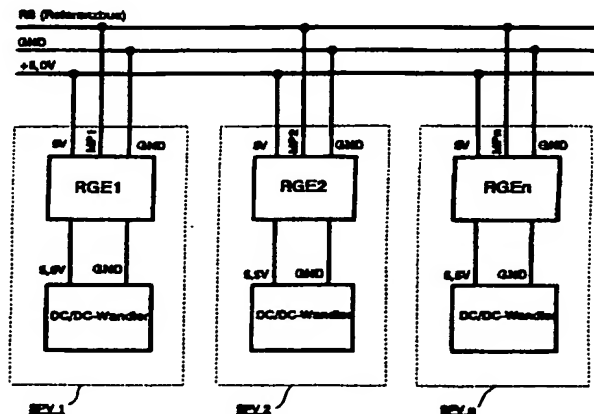
71 Anmelder:
Klöckner-Moeller GmbH, 5300 Bonn, DE

72 Erfinder:
Melchert, Wilhelm, Dipl.-Ing., 5202 Hennef, DE;
Wratil, Peter, Dipl.-Ing. Dr., 5060 Bergisch Gladbach, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur symmetrischen Lastverteilung bei ausgangsseitig parallelgeschalteten Stromversorgungsgeräten

57 Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur symmetrischen Lastverteilung bei ausgangsseitig parallelgeschalteten Stromversorgungsgeräten. Durch die Erfindung wird ohne aufwendige Mittel erreicht, daß mindestens zwei oder mehrere Stromversorgungseinrichtungen, die mit ihren Spannungsausgängen parallelgeschaltet sind auf einen Referenzspannung sehen und mittels ihrer Regeleinrichtung in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung und der Referenzspannung zu gleichen Teilen an der Energieversorgung des gemeinsamen Verbrauchers beteiligt sind. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die Ausgänge (MP1, MP2 bis MPn) der Referenzspannungsquellen (U_{01} , U_{02} bis U_{0n}) aller in der Anordnung parallelgeschalteten Stromversorgungseinrichtungen (SPV1, SPV2 bis SPVn) über ein Entkopplungselement (R_{EK1} , R_{EK2} bis R_{EKn}) auf einen gemeinsamen Referenzbus (RB) geführt sind.



DE 40 25 718 A 1

Beschreibung

Verfahren zur symmetrischen Lastverteilung bei ausgangsseitig parallelgeschalteten Stromversorgungsgeräten, die mit gleichen Stromanteilen die Versorgung von mindestens einem gemeinsamen Verbraucher übernehmen sollen.

Aus der DE-PS 32 19 754 ist eine Schaltung zur gleichförmigen Strombelastung mehrerer parallel an einer gemeinsamen Last angeschlossenen Stromversorgungs-Einheiten bekannt. Hierbei handelt es sich um eine Stromregelung. Jedem Netzteil innerhalb der parallel geschalteten Geräteanordnung ist hierbei eine Steuerung zugeordnet, die jeweils eine Schaltung zur Abführung des die betreffende Stromversorgungseinheit durchsetzenden Stromes und zur Bildung eines Mittelwertes des Stromes enthält, der durch die Stromversorgungs-Einheiten der Anordnung fließt. Gemeinsame Koppelleitungen führen eine mittlere Spannung, die aus dem von jeder Stromversorgungs-Einheit gelieferten Durchschnittstrom abgeleitet wird.

Die Funktion der Steuerschaltung besteht darin, die jeweils zugehörige Stromversorgungseinheit derart einzustellen, daß sie weniger Strom abgibt, wenn festgestellt wird, daß der an dieser Einheit abgeführte Ausgangsstrom von allen Einheiten der Anordnung hervorgebrachten Durchschnittsstrom übersteigt.

Aus der DE-PS 27 55 510 ist eine Stromversorgungs-einrichtung mit ausgangsseitig parallelgeschalteten spannungsgeregelten Stromversorgungsgeräten bekannt geworden. Die Schaltungsanordnung beinhaltet einen leistungsabgebenden Hauptkreis und einen Hilfskreis, der gleich dimensioniert sein muß wie der Hauptkreis. Die besondere Ausbildung dieser Schaltung besteht darin, daß von den Istwertteilern des Haupt- und Hilfskreises je ein der Ausgangsspannung des Hauptkreises bzw. der Leerlaufspannung des Hilfskreises proportionaler Spannungswert als Istwert für eine Mischung abgegriffen wird. Aus dem Vergleich des Ist-Mittelwertes mit einem Sollwert wird die Regelabweichung gewonnen, die das Tastverhältnis der Steuerwechselspannung an dem Schalttransistor bestimmt.

Die bekannten Problemlösungen benutzen, wie der angegebene Stand der Technik aufzeigt, sehr aufwendige Schaltungen. Spannungsquellen werden jede für sich genauestens abgeglichen, damit sie im Verbund symmetrisch belastet werden. An die Regelkreise werden ebenfalls hohe Anforderungen gestellt, da die Spannungsausregelung nahezu unabhängig von der Last sein muß. Diese Maßnahmen führen zu unwirtschaftlich hohen Kosten, die beispielsweise im heutigen SPS-Markt nicht vertretbar sind.

Demgemäß liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, mit einfachen und wirtschaftlichen Maßnahmen ein Verfahren zur symmetrischen Stromverteilung zwischen mindestens zwei parallelgeschalteten Stromversorgungseinheiten zu schaffen, die für mindestens einen gemeinsamen Verbraucher den Strombedarf zur Verfügung stellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das kennzeichnende Merkmal des Hauptanspruchs 1 gelöst, indem jede Stromversorgungseinheit eine Referenzspannungsquelle aufweist, deren Ausgangsleitungen auf einen gemeinsamen Referenzbus geführt sind, wobei der Referenzbus durch die Beschaltung der Referenzspannungsquellen mit je einem Entkopplungselement immer eine gleiche Referenzspannung aufweist, auf die jede Regeleinrichtung zugreift.

Dabei ist es erfindungsgemäß von besonderem Vorteil, daß die Schaltungselemente der Referenzspannungsquellen der Stromversorgungseinheiten nicht aufeinander abgeglichen sind.

Die Erfindung wird anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 parallelgeschaltete Stromversorgungseinrichtungen mit dem durch die Erfindung realisierten, gemeinsamen Referenzbus,

Fig. 2 die Schaltung zur Realisierung eines gemeinsamen Referenzbusses nach der Erfindung mit der Einrichtung zur Ausregelung des Längstransistors,

Fig. 3 als Ersatzschaltbild die Parallelschaltung zweier Referenzspannungsquellen und die Anbindung an den gemeinsamen Referenzbus,

Fig. 4 ein Ersatzschaltbild zweier parallelgeschalteter Referenzspannungsquellen für ein Berechnungsbeispiel,

Fig. 5 ein Ersatzschaltbild zur Herleitung des Überlagerungssatzes 1 in dem Berechnungsbeispiel,

Fig. 6 ein Ersatzschaltbild zur Herleitung des Überlagerungssatzes 2 in dem Berechnungsbeispiel,

Fig. 7 zeigt das sich aus dem Berechnungsbeispiel ergebende Bild.

Fig. 1 zeigt parallelgeschaltete Stromversorgungseinrichtungen mit dem durch die Erfindung realisierten, gemeinsamen Referenzbus. Die Stromversorgungseinheiten SPV1, SPV2 bis SPVn bestehen primärseitig aus den DC/DC-Wandlern, die eine instabile Gleichspannung 5,5 V der jeweiligen Regeleinrichtung RGE1, RGE2 bis RGE n zur Verfügung stellen. Die geregelte Spannung von 5,0 V der Stromversorgungseinheiten SPV1, SPV2 bis SPVn sind sekundärseitig mit ihren parallel geschaltet. Die Referenzanschlüsse MP1, MP2 bis MPn sind auf einen gemeinsamen Referenzbus RB geschaltet. Damit wird erreicht, daß die Ausgangsspannungen aller in der Anordnung befindlichen Stromversorgungseinheiten nur eine Referenzspannung sehen und ihren Längsregler mittels einer Regeleinrichtung RGE1, RGE2 und RGE n derart aussteuern, daß die Ausgangsspannungen jeder Stromversorgungseinrichtung SPV1, SPV2 und SPVn nahezu die selben Werte aufweisen.

Fig. 2 zeigt die Schaltung zur Realisierung des gemeinsamen Referenzbusses nach der Erfindung mit der Einrichtung zur Ausregelung des Längstransistors, die jede parallelgeschaltete Stromversorgungseinrichtung aufweist. Aus der Eingangsspannung U_{IN} wird mittels der Zenerdiode 5 und dem Widerstand 3 eine Referenzspannung U_{REF} gebildet. Ein Regelverstärker 1 tastet mit dem nichtinvertierenden Eingang 6 die Referenzspannung U_{REF} und mit seinem invertierenden Eingang 7 die Ausgangsspannung U_{OUT} ab. Entsprechend der Schwankungen der Ausgangsspannung U_{OUT} wird der Längstransistor 4 von dem Regelverstärker 1 angesteuert. Die Spannung U_{diff} wird durch dUnsymmetrie der Eingangsstufen des Regelverstärkers 1 bestimmt und ist vernachlässigbar gering (U_{diff} typ bei OPV's $< 10^{-4}V$). Die Referenzspannung U_{REF} liegt über den Entkopp-

lungswiderstand 2 und den Anschlußpunkt MP auf dem Referenzbus.

Fig. 3 zeigt als Ersatzschaltbild die Parallelschaltung zweier Referenzspannungsquellen und die Anbindung an den gemeinsamen Referenzbus.

Für die Grundlage der Spannungsgleichheit bei Symmetrierung von n-Spannungsquellen über Widerstände gilt der Überlagerungssatz. Hierauf stützt sich die Erfindung und macht es möglich, mehrere Stromversorgungseinheiten parallelzuschalten und dabei eine symmetrische Lastverteilung zu erreichen.

Anhand der Fig. 4 bis Fig. 7 wird im folgenden ein Berechnungsbeispiel angegeben. In diesem Beispiel sind zwei Referenzspannungsquellen U_{Q1} und U_{Q2} über die Entkopplungswiderstände $R1$ und $R2$ parallel geschaltet.

Fig. 5 zeigt ein Ersatzschaltbild, bei dem angenommen wird, daß U_{Q2} kurzgeschlossen ist. Bei der angenommenen Stromrichtung $I1'$ und einem Spannungswert von +3V für U_{Q1} und 1,2 KOhm für $R1$ ergibt sich

$$I1' \frac{3V}{1,2K + 1,2K} = 1,25 \text{ mA}$$

Fig. 6 zeigt ein Ersatzschaltbild, bei dem angenommen wird, daß U_{Q1} kurzgeschlossen ist. Bei der angenommenen Stromrichtung $I2'$ und einem Spannungswert von +5V für U_{Q2} und 1,2 KOhm für $R2$ ergibt sich

$$I2' \frac{5V}{1,2K + 1,2K} = 2,0833 \text{ mA}$$

Daraus ergibt sich,

$$I_{ges} = 1,25 \text{ mA} - 2,0833 \text{ mA} = -833,3 \text{ uA.}$$

Das Berechnungsbeispiel zeigt, daß der Strom entgegengesetzt der angenommenen Stromrichtungen fließt.

Der Spannungsabfall U_{REK1} und U_{REK2} an den Entkopplungswiderständen $REK1$ und $REK2$ ist somit,

$$U_{REK1} = 1,2 \text{ KOhm} \cdot 833,3 \text{ uA} = 1,0 \text{ V,}$$

$$U_{REK2} = 1,2 \text{ KOhm} \cdot 833,3 \text{ uA} = 1,0 \text{ V.}$$

Fig. 7 zeigt das sich aus dem Berechnungsbeispiel ergebene Bild.

Für Masche M1 gilt

$$U_{Ref1} - U_{RB} + U_{REK1} = 0 \rightarrow U_{RB} = U_{Ref1} + U_{REK1} = 3V + 1V = 4,0V$$

Für Masche M2 gilt

$$U_{RB} - U_{Ref2} + U_{REK2} = 0 \rightarrow U_{RB} = U_{Ref2} - U_{REK2} = 5V - 1V = 4,0V$$

Das Ergebnis zeigt auf, daß durch Symmetrierung über Widerstände die resultierende Spannung U_{RB} immer der Mittelwert der einzelnen Spannungen U_{Ref1} und U_{Ref2} ist.

Die Ausgangsspannung der Stromversorgungseinrichtungen SPV1 bis SPVn setzt sich somit immer zusammen aus,

$$U_{OUT} = +U_{diff} + U_{RB}.$$

Da U_{diff} wie angegeben bei $+10^{-4}$ liegt ist dieser Wert absolut vernachlässigbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur symmetrischen Lastverteilung bei ausgangsseitig parallelgeschalteten Stromversorgungsgeräten, die mit gleichen Stromanteilen die Versorgung von mindestens einem gemeinsamen Verbraucher übernehmen sollen, dadurch gekennzeichnet, daß jede Stromversorgungseinheit (SPV1 – SPVn) eine Referenzspannungsquelle ($U_{Q1} - U_{Qn}$) aufweist, deren Ausgangsleitungen (MP1 – MPn) auf einen gemeinsamen Referenzbus (RB) geführt sind, wobei der Referenzbus (RB) durch die Beschaltung der Referenzspannungsquellen ($U_{Q1} - U_{Qn}$) mit je einem Entkopplungselement ($REK1$ bis $REKn$) immer eine gleiche Referenzspannung (U_{RB}) aufweist, auf die jede Regeleinrichtung (RGE1 – RGE_n) zugreift.

2. Verfahren zur symmetrischen Lastverteilung bei ausgangsseitig parallelgeschalteten Stromversorgungsgeräten nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltungselemente ($R3, R4, V1, V2, REK1, REK2$) der Referenzspannungsquellen (U_{Q1} bis U_{Qn}) der Stromversorgungseinheiten (SPV1 bis SPVn) toleranzmäßig nicht aufeinander abgeglichen sind.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

Fig.1

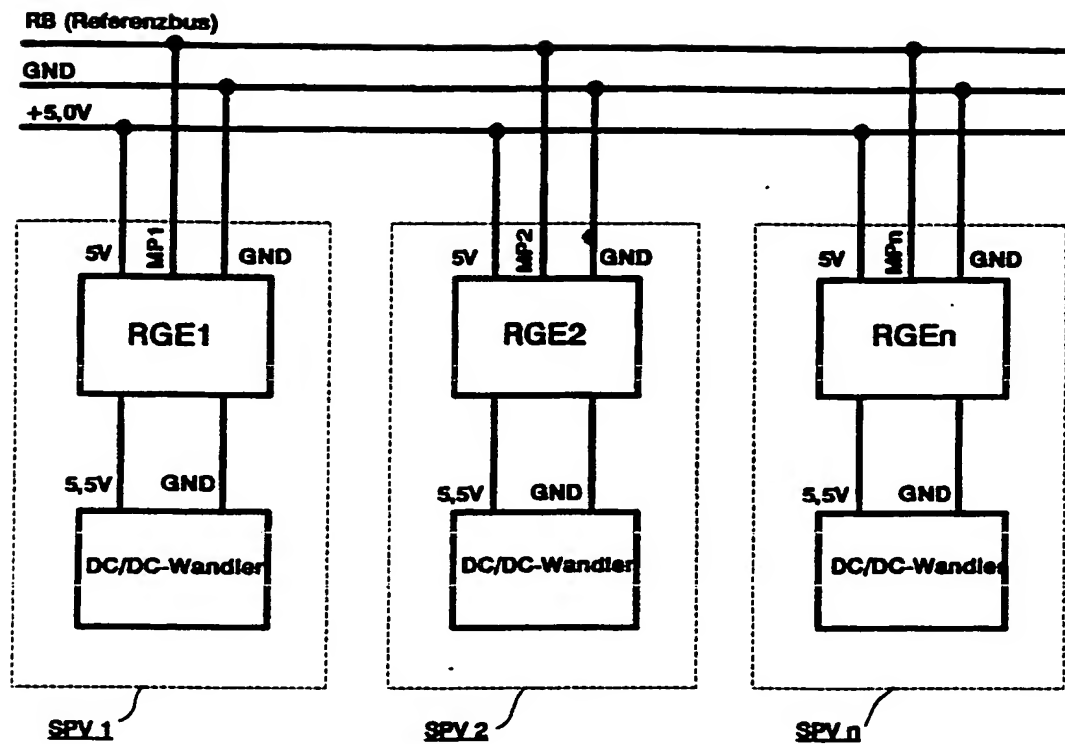


Fig. 2

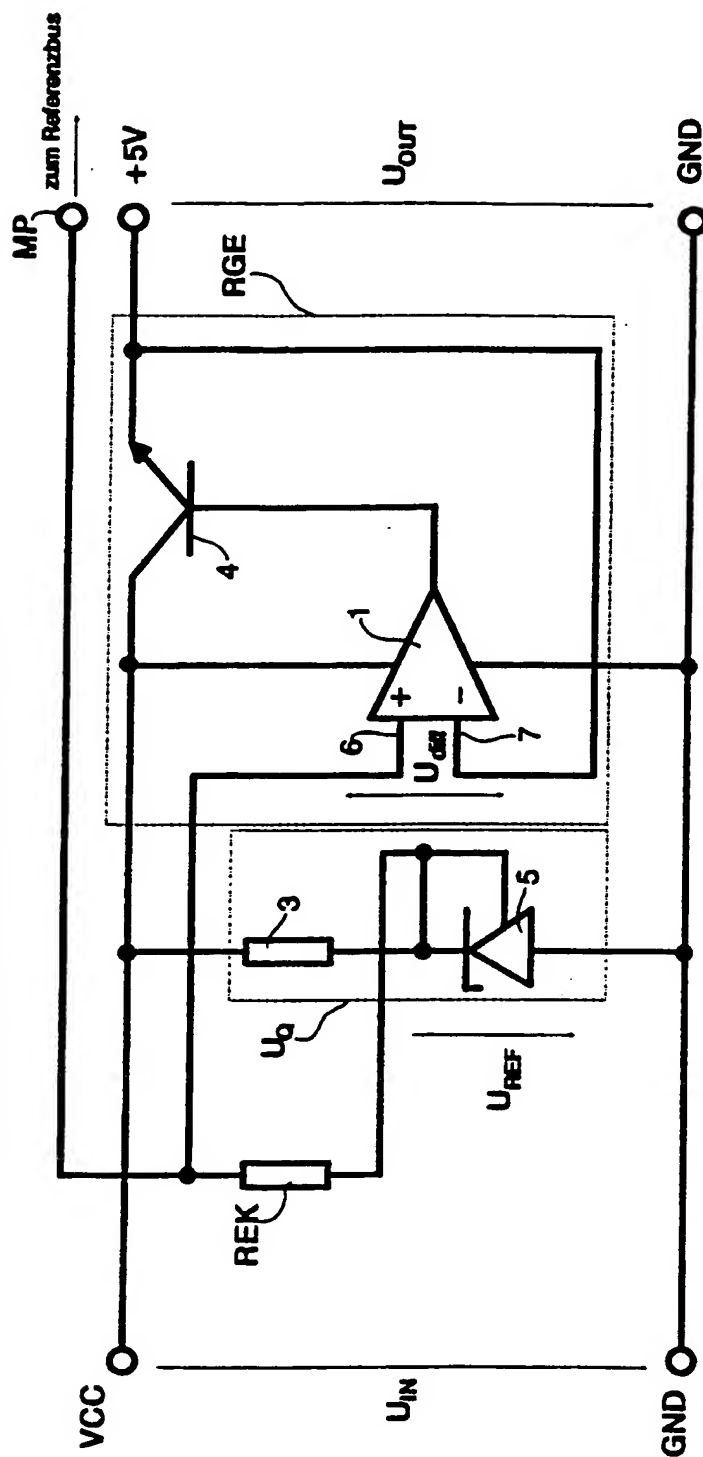
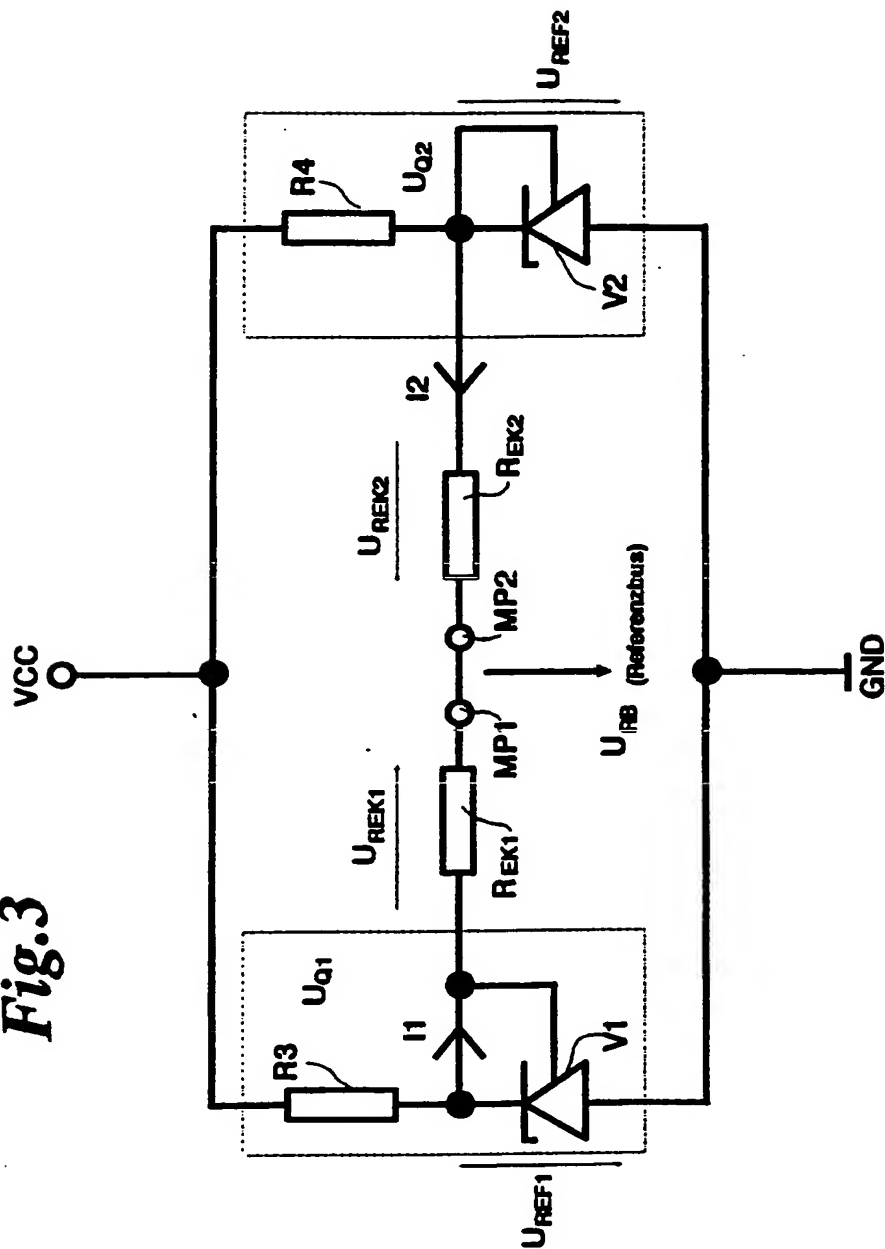


Fig.3



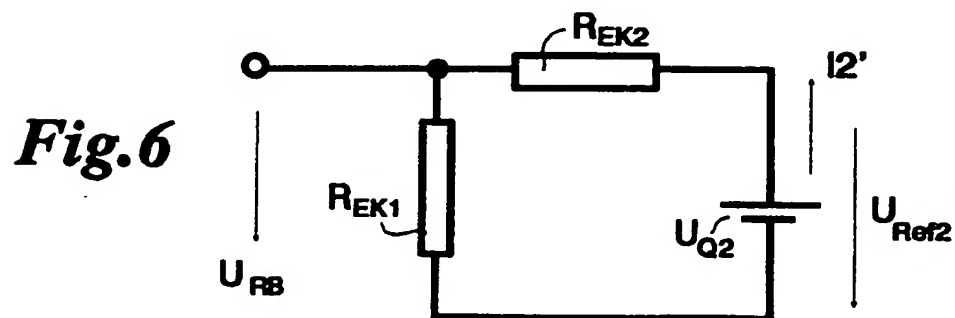
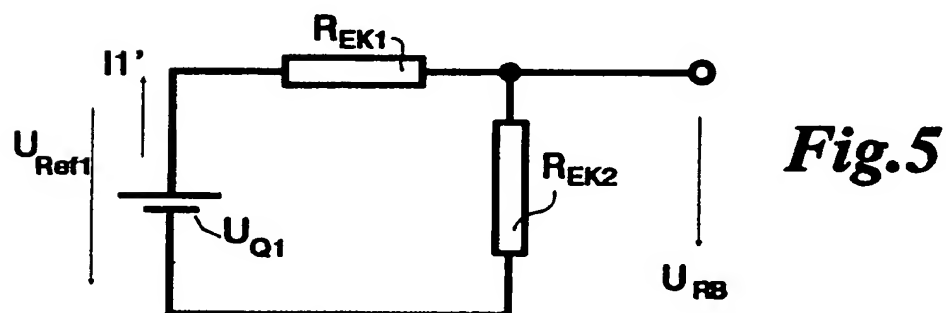
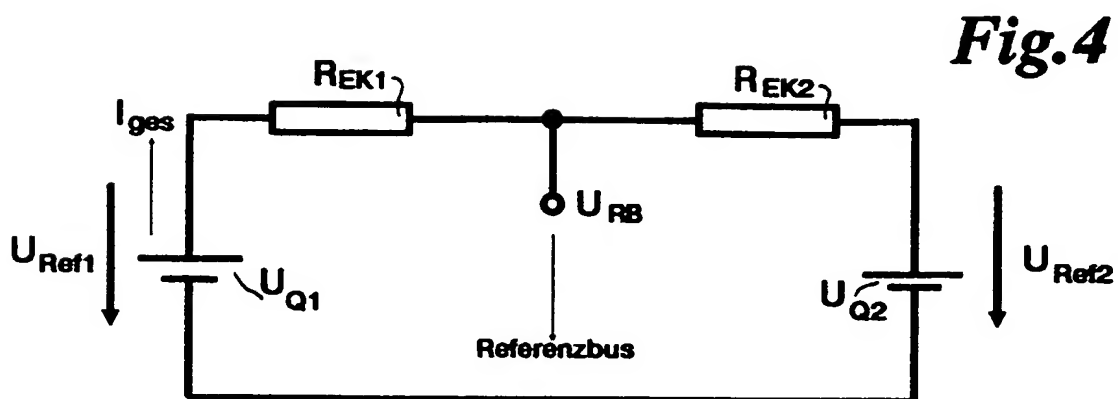
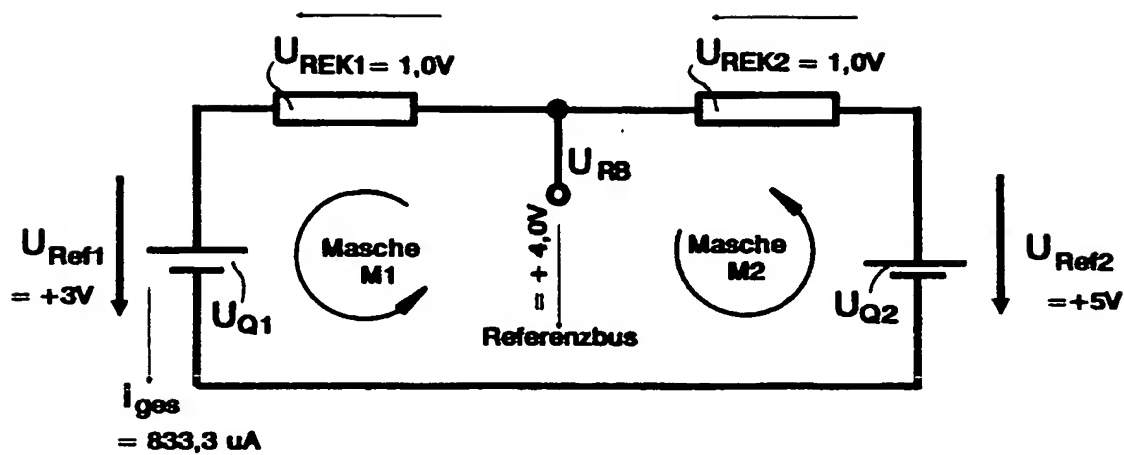


Fig.7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.